

基板相転移に伴う強磁性 Pd(100) 超薄膜の磁性の変化 II

櫻木俊輔, 小川智之*, 佐藤徹哉
(慶應大, * 東北大院工)

Change in magnetism of ferromagnetic Pd(100) ultra thin film by phase transition of the substrate II

S. Sakuragi, T. Ogawa*, and T. Sato
(Keio Univ., *Eng. Tohoku Univ.)

1 はじめに

近年、講演者らは SrTiO₃(100) 基板上にエピタキシー成長した Pd 超薄膜中に、Ni をも凌駕するほどの自発磁化が膜厚に依存して振動的に現れることを示した¹⁾。この振動現象の周期は第一原理計算による予想と完全に一致しており、超薄膜化により生じた *d* 電子の量子井戸状態に由来したバンドが Pd のフェルミエネルギー付近に周期的に現れることにより説明可能である。位相シフト量子化則によれば、金属中の量子井戸状態は膜厚の変化および、超薄膜中の電子の運動量や基板/薄膜界面のポテンシャル障壁の大きさに由来して変調されることが理解されている²⁾。よって、超薄膜への歪みの印加による膜厚の変化や、積層状態の変化に伴う界面電子状態の変化により量子井戸状態が変調されれば、Pd(100) 超薄膜中の磁性にも変化が生じることが予想される。そこで本研究では、SrTiO₃ が約 105 K で構造相転移を生じることを利用し、相転移点前後で生じる SrTiO₃/Pd 界面の変化に起因した Pd(100) 超薄膜の磁性変化について調査を行った。

2 実験方法

超高真空中にて、TiO₂ ステップ-テラス表面を有する SrTiO₃(100) 基板上に Pd をエピタキシー成長させた。それを超高真空チャンパーとフランジ接続された石英管に一度も大気に曝すことなく封入し、SQUID 磁力計を用いることで低温から室温までの磁化の温度依存性を測定した。冷却に伴う Pd の構造の変化を X 線反射率法 (XRR) を用いることで調べ、膜構造の変化と磁性の関係性を議論した。

3 結果および考察

SrTiO₃(100) 上の Pd(100) 超薄膜について磁化の温度依存性測定を行ったところ、SrTiO₃ の相転移温度付近において Pd の磁化に顕著な変化が観測された (Fig. 1)。この変化の傾向が冷却の回数に依存して不可逆に変化することから、冷却・昇温に伴い SrTiO₃/Pd の構造が不可逆に変化していることが示唆された。試料を室温から 10 K まで 6 回冷却した後に測定した磁化の温度依存性の結果を Fig. 2 に示す。冷却過程において 100 K 付近に磁化の大きな変化が見られるが、昇温過程において磁化の変化は観測されず、また昇温後に Pd の自発磁化が消失していることが分かった。この試料と同様の温度サイクルを施した試料について冷却前後における XRR 測定を行ったところ、プロファイルに明瞭な差が観測された (Fig. 3)。これは、冷却を繰り返し行うことで SrTiO₃/Pd 膜の構造に変化が生じたことを示唆する。温度変化による膜構造の変化の要因として、Pd と SrTiO₃ の比熱の違いやアンチフェーズドメインにて生じた膜構造の劣化が考えられ³⁾、界面構造の変化に伴うデッドレイヤーの形成および積層状態の変化により量子井戸状態が変調され、Pd の磁化に影響が与えられたと予想される。また、冷却・昇温の繰り返しにより膜構造が大幅に劣化し、Pd 中の量子井戸状態が保たれなくなった際に自発磁化が消失したと考えられる。

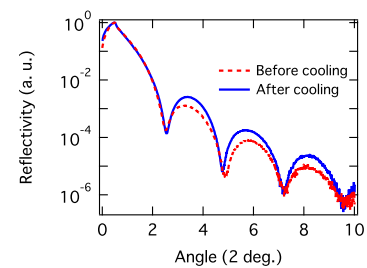
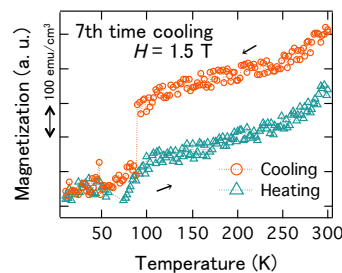
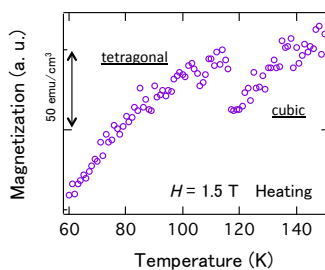


Fig. 1 Temperature dependent magnetization
Fig. 2 Magnetic properties after repetition by cooling

Fig. 3 Result of XRR before and after cooling

References

- 1) S. Sakuragi et al.: *Phys. Rev. B*, **90**, 3078 (2014).
- 2) T.-C. Chiang: *Surf. Sci. Rep.*, **39**, 181 (2000).
- 3) F. He, B. O. Wells, S. M. Shapiro, M. v. Zimmermann, A. Clark, and X. X. Xi: *Appl. Phys. Lett.*, **83**, 123 (2003).